

Original document

INTAKE AIR AMOUNT OPERATING DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Patent number: JP2002180892
Publication date: 2002-06-26
Inventor: FUWA NAOHIDE; KANAMARU MASANOBU; KONISHI MASAOKI; OSANAI AKINORI; WATANABE SATOSHI; EBARA MASAHIRO
Applicant: TOYOTA MOTOR CORP
Classification:
- international: F02D45/00; F01L1/34; F01L13/00; F02D13/02
- european:
Application number: JP20000377931 20001212
Priority number(s): JP20000377931 20001212

[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2002180892

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately calculate an intake air amount to be sucked in a cylinder even when an opening area of an intake valve is changed or when an operating angle of the intake valve is changed. **SOLUTION:** A valve lifting amount changing device 9 is provided for changing a valve lifting amount of the intake valve 2 and changing the operating angle of the intake valve 2, and the amount of the intake air sucked in the cylinder is calculated on the basis of the opening area of the intake valve and the operating angle of the intake valve changed by the valve lifting amount changing device 9.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-180892
(P2002-180892A)

(43) 公開日 平成14年6月26日 (2002. 6. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
F 0 2 D 45/00	3 6 6	F 0 2 D 45/00	3 6 6 E 3 G 0 1 8
F 0 1 L 1/34		F 0 1 L 1/34	E 3 G 0 8 4
13/00	3 0 1	13/00	3 0 1 U 3 G 0 9 2
F 0 2 D 13/02		F 0 2 D 13/02	D

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-377931(P2000-377931)

(22) 出願日 平成12年12月12日 (2000. 12. 12)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 不破 直秀

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 金丸 昌宣

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外3名)

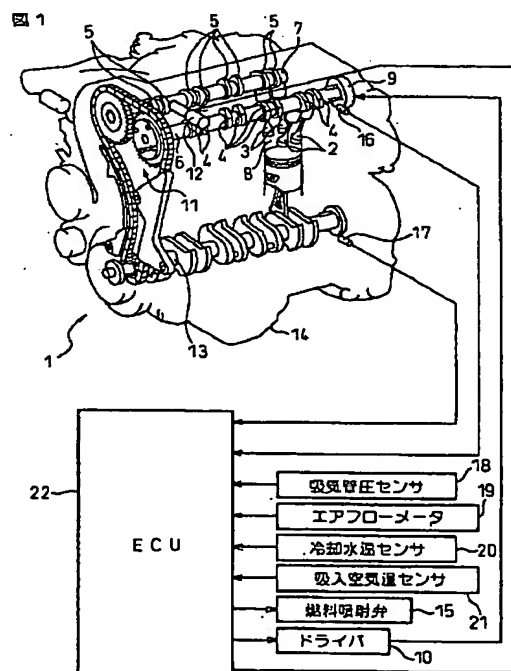
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の吸入空気量演算装置

(57) 【要約】

【課題】 吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合や吸気弁の作用角が変更せしめられる場合であっても気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出する。

【解決手段】 吸気弁2のバルブリフト量を変更すると共に吸気弁2の作用角を変更するバルブリフト量変更装置9を具備し、バルブリフト量変更装置9によって変更せしめられる吸気弁の開口面積及び吸気弁の作用角に基づき、気筒内に吸入される吸入空気量を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 可変動弁機構を具備し、気筒内に吸入される吸入空気を算出するようにした内燃機関の吸入空気量演算装置において、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の開口面積に基づいて吸入空気を算出することを特徴とする内燃機関の吸入空気量演算装置。

【請求項2】 可変動弁機構を具備し、気筒内に吸入される吸入空気を算出するようにした内燃機関の吸入空気量演算装置において、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の作用角に基づいて吸入空気を算出することを特徴とする内燃機関の吸入空気量演算装置。

【請求項3】 吸気弁の開口面積、吸気弁の作用角、吸気弁の位相及び吸気管内の圧力に基づいて充填効率を算出し、充填効率と吸気管内の圧力とに基づいて吸入空気を算出することを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置。

【請求項4】 所定のタイミングにおける吸気管内の圧力に基づいて筒内圧を推定する場合、可変動弁機構によって吸気弁の開口面積が減少せしめられるほど、筒内圧を推定するために使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが早められ、吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気が算出されることを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置。

【請求項5】 吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されるのに応じて、筒内圧を推定するために使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが変更せしめられることを特徴とする請求項4に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置。

【請求項6】 吸気管内の圧力と筒内圧とに基づいて吸入空気を算出することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置。

【請求項7】 可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の開口面積を吸気弁開弁期間中に所定時間間隔で算出し、その所定時間間隔毎の吸気弁の開口面積に基づいて吸入空気を算出することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は内燃機関の吸入空気量演算装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、可変動弁機構を具備し、気筒内に吸入される吸入空気を算出するようにした内燃機関の吸入空気量演算装置が知られている。この種の内燃機関の吸入空気量演算装置の例としては、例えば特開平7-301144号公報に記載されたものがある。特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置では、吸気弁の開弁期間を変更することなく

吸気弁の開閉タイミングをシフトさせる可変動弁機構が設けられ、吸気弁の開閉タイミングのシフト量、つまり、クランクシャフトに対する吸気弁駆動カムシャフトの回転位相（以下、「吸気弁の位相」という）の変更量に基づいて吸入空気が算出されている。その結果、吸気弁の開閉タイミングのシフト量が考慮されない場合よりも正確に吸入空気が算出されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置では、気筒内に吸入される吸入空気を算出する場合に吸気弁の開閉タイミングのシフト量が考慮されているものの、吸気弁の開口面積の変更量が考慮されていない。一方で、可変動弁機構にバルブリフト量を変更する機能が設けられ、バルブリフト量を変更することによって吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合には、吸気弁の開閉タイミングがシフトされなくても、実際に気筒内に吸入される吸入空気量はかなり変動する。従って、吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合に、特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置によって吸気弁の開口面積の変更を考慮することなく吸入空気が算出されてしまうと、算出された吸入空気量と実際の吸入空気量とがかなり相違してしまう。つまり、特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置では、吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合に気筒内に吸入される吸入空気を正確に算出することができない。

【0004】 また、特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置では、気筒内に吸入される吸入空気を算出する場合に吸気弁の開閉タイミングのシフト量が考慮されているものの、吸気弁の作用角の変更量、つまり、吸気弁の開弁期間に相当するカムシャフトの回転角の変更量が考慮されていない。一方で、可変動弁機構に吸気弁の作用角を変更する機能、つまり、吸気弁の開弁期間を増減させる機能が設けられ、吸気弁の作用角が変更せしめられる場合には、吸気弁の開閉タイミングがシフトされなくても、実際に気筒内に吸入される吸入空気量はかなり変動する。従って、吸気弁の作用角が変更せしめられる場合に、特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置によって吸気弁の作用角の変更を考慮することなく吸入空気が算出されてしまうと、算出された吸入空気量と実際の吸入空気量とがかなり相違してしまう。つまり、特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置では、吸気弁の作用角が変更せしめられる場合に気筒内に吸入される吸入空気を正確に算出することができない。

【0005】 前記問題点に鑑み、本発明は吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気を正確に算出することができる内燃機

関の吸入空気量演算装置を提供することを目的とする。

【0006】更に本発明は吸気弁の作用角が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる内燃機関の吸入空気量演算装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明によれば、可変動弁機構を具備し、気筒内に吸入される吸入空気量を算出するようにした内燃機関の吸入空気量演算装置において、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の開口面積に基づいて吸入空気量を算出することを特徴とする内燃機関の吸入空気量演算装置が提供される。

【0008】請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置では、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の開口面積に基づいて吸入空気量が算出されるため、例えば可変動弁機構にバルブリフト量を変更する機能が設けられ、バルブリフト量を変更することによって吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0009】請求項2に記載の発明によれば、可変動弁機構を具備し、気筒内に吸入される吸入空気量を算出するようにした内燃機関の吸入空気量演算装置において、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の作用角に基づいて吸入空気量を算出することを特徴とする内燃機関の吸入空気量演算装置が提供される。

【0010】請求項2に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置では、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の作用角、つまり、吸気弁の開弁期間に相当するカムシャフトの回転角に基づいて吸入空気量が算出されるため、例えば可変動弁機構に吸気弁の作用角を変更する機能が設けられ、可変動弁機構によって吸気弁の作用角が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0011】請求項3に記載の発明によれば、吸気弁の開口面積、吸気弁の作用角、吸気弁の位相及び吸気管内の圧力に基づいて充填効率を算出し、充填効率と吸気管内の圧力とに基づいて吸入空気量を算出することを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置が提供される。

【0012】請求項3に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置では、吸気弁の開口面積、吸気弁の作用角、吸気弁の位相及び吸気管内の圧力に基づいて充填効率を算出し、充填効率と吸気管内の圧力とに基づいて吸入空気量が算出されるため、吸気弁の開口面積及び吸気弁の作用角に基づくことなく算出された充填効率から吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0013】請求項4に記載の発明によれば、所定のタ

イミングにおける吸気管内の圧力に基づいて筒内圧を推定する場合、可変動弁機構によって吸気弁の開口面積が減少せしめられるほど、筒内圧を推定するために使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが早められ、吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量が算出されることを特徴とする請求項1又は2に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置が提供される。

【0014】請求項4に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置では、吸気弁の開口面積が減少せしめられるに従って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が大きくなることに鑑み、所定のタイミングにおける吸気管内の圧力に基づいて筒内圧を推定する場合に、可変動弁機構によって吸気弁の開口面積が減少せしめられるほど、筒内圧を推定するために使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが早められ、吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量が算出される。そのため、吸気弁の開口面積が減少せしめられるに従って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が大きくなることを考慮することなく一律に所定のタイミングで吸気管内の圧力を検出し、その吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量を算出する場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0015】請求項5に記載の発明によれば、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されるのに応じて、筒内圧を推定するために使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが変更せしめられることを特徴とする請求項4に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置が提供される。

【0016】請求項5に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置では、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、つまり、クランクシャフトに対する吸気弁駆動用カムシャフトの回転位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されると、その変更に伴って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が変化することに鑑み、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されるのに応じて、筒内圧を推定するために使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが変更せしめられる。そのため、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されると、その変更に伴って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が変化することなく推定された筒内圧に基づいて吸入空気量を算出する場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0017】請求項6に記載の発明によれば、吸気管内の圧力と筒内圧とに基づいて吸入空気量を算出することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置が提供される。

【0018】請求項6に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置では、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の開口面積に加え、吸気管内の圧力及び筒内圧にも基づいて吸入空気量が算出されるため、吸気管内の圧力及び筒内圧を考慮することなく吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0019】請求項7に記載の発明によれば、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の開口面積を吸気弁開弁期間中に所定時間間隔で算出し、その所定時間間隔毎の吸気弁の開口面積に基づいて吸入空気量を算出することを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置が提供される。

【0020】請求項7に記載の内燃機関の吸入空気量演算装置では、単位時間当たりに気筒内に吸入される吸入空気量が変化していることに鑑み、可変動弁機構によって変更せしめられる吸気弁の開口面積が吸気弁開弁期間中に所定時間間隔で算出され、その所定時間間隔毎の吸気弁の開口面積に基づいて吸入空気量が算出される。そのため、単位時間当たりに気筒内に吸入される吸入空気量が変化していることを考慮することなく吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。

【0022】図1は本発明の内燃機関の吸入空気量演算装置の第一の実施形態の概略構成図である。図1において、1は内燃機関、2は吸気弁、3は排気弁、4は吸気弁を開閉させるためのカム、5は排気弁を開閉させるためのカム、6は吸気弁用カム4を担持しているカムシャフト、7は排気弁用カム5を担持しているカムシャフトである。図2は図1に示した吸気弁用カム及びカムシャフトの詳細図である。図2に示すように、本実施形態のカム4のカムプロファイルは、カムシャフト中心軸線の方に变化している。つまり、本実施形態のカム4は、図2の左端のノーズ高さが右端のノーズ高さよりも大きくなっている。すなわち、本実施形態の吸気弁2のバルブリフト量は、バルブリフタがカム4の左端と接しているときよりも、バルブリフタがカム4の右端と接しているときの方が小さくなる。

【0023】図1の説明に戻り、8は気筒内に形成された燃焼室、9はバルブリフト量を変更するために吸気弁2に対してカム4をカムシャフト中心軸線の方に移動させるためのバルブリフト量変更装置である。つまり、バルブリフト量変更装置9を作動することにより、カム4の左端(図2)においてカム4とバルブリフタとを接触させたり、カム4の右端(図2)においてカム4とバルブリフタとを接触させたりすることができる。バルブリフト量変更装置9によって吸気弁2のバルブリフト量

が変更されると、それに伴って、吸気弁2の開口面積が変更されることになる。本実施形態の吸気弁2では、バルブリフト量が増加されるに従って吸気弁2の開口面積が増加するようになっている。10はバルブリフト量変更装置9を駆動するためのドライバ、11は吸気弁2の開弁期間を変更することなく吸気弁の開閉タイミングをシフトさせるための開閉タイミングシフト装置である。つまり、開閉タイミングシフト装置11を作動することにより、吸気弁2の開閉タイミングを進角側にシフトさせたり、遅角側にシフトさせたりすることができる。12は開閉タイミングシフト装置11を作動するための油圧を制御するオイルコントロールバルブである。尚、本実施形態における可変動弁機構には、バルブリフト量変更装置9及び開閉タイミングシフト装置11の両者が含まれることになる。

【0024】13はクランクシャフト、14はオイルパン、15は燃料噴射弁、16は吸気弁2のバルブリフト量及び開閉タイミングシフト量を検出するためのセンサ、17は機関回転数を検出するためのセンサである。18は気筒内に吸入空気を供給する吸気管内の圧力を検出するための吸気管圧センサ、19はエアフローメータ、20は内燃機関冷却水の温度を検出するための冷却水温センサ、21は気筒内に供給される吸入空気の吸気管内における温度を検出するための吸入空気温度センサ、22はECU(電子制御装置)である。

【0025】図3は図1に示したバルブリフト量変更装置等の詳細図である。図3において、30は吸気弁用カムシャフト6に連結された磁性体、31は磁性体30を左側に付勢するためのコイル、32は磁性体30を右側に付勢するための圧縮ばねである。コイル31に対する通電量が増加されるに従って、カム4及びカムシャフト6が左側に移動する量が増加し、吸気弁2のバルブリフト量が減少せしめられることになる。

【0026】図4はバルブリフト量変更装置が作動されるのに伴って吸気弁のバルブリフト量が増加する様子を示した図である。図4に示すように、コイル31に対する通電量が減少されるに従って、吸気弁2のバルブリフト量が増加せしめられる(実線→破線→一点鎖線)。また本実施形態では、バルブリフト量変更装置9が作動されるのに伴って、吸気弁2の開弁期間も変更せしめられる。つまり、吸気弁2の作用角も変更せしめられる。詳細には、吸気弁2のバルブリフト量が増加せしめられるのに伴って、吸気弁2の作用角が増加せしめられる(実線→破線→一点鎖線)。更に本実施形態では、バルブリフト量変更装置9が作動されるのに伴って、吸気弁2のバルブリフト量がピークとなるタイミングも変更せしめられる。詳細には、吸気弁2のバルブリフト量が増加せしめられるのに伴って、吸気弁2のバルブリフト量がピークとなるタイミングが遅角せしめられる(実線→破線→一点鎖線)。

【0027】図5は図1に示した開閉タイミングシフト装置等の詳細図である。図5において、40は吸気弁2の開閉タイミングを進角側にシフトさせるための進角側油路、41は吸気弁2の開閉タイミングを遅角側にシフトさせるための遅角側油路、42はオイルポンプである。進角側油路40内の油圧が増加されるに従い、吸気弁2の開閉タイミングが進角側にシフトせしめられる。つまり、クランクシャフト13に対するカムシャフト6の回転位相が進角せしめられる。一方、遅角側油路41の油圧が増加されるに従い、吸気弁2の開閉タイミングが遅角側にシフトせしめられる。つまり、クランクシャフト13に対するカムシャフト6の回転位相が遅角せしめられる。

【0028】図6は開閉タイミングシフト装置が作動されるのに伴って吸気弁の開閉タイミングがシフトする様子を示した図である。図6に示すように、進角側油路40内の油圧が増加されるに従って吸気弁2の開閉タイミングが進角側にシフトされる（実線→破線→一点鎖線）。このとき、吸気弁2の開弁期間は変更されない、つまり、吸気弁2が開弁している期間の長さは変更されない。

【0029】上述したようにバルブリフト量変更装置9及び開閉タイミングシフト装置11によって吸気弁2のバルブリフト量、作用角、開閉タイミング（位相）が変更せしめられると、それに伴い、実際に気筒内に吸入される吸入空気量が変化する。吸入空気量が変化するにもかかわらず一律に所定量の燃料が噴射されてしまうと、実際の空燃比が目標空燃比からずれてしまう。従って、実際の空燃比を目標空燃比に一致させるためには、吸気弁2のバルブリフト量、作用角、開閉タイミング（位相）の変更に伴って変化する吸入空気量を正確に算出することが必要になる。

【0030】図7は本実施形態における気筒内に吸入される吸入空気量の算出方法を示したフローチャートである。このルーチンは所定時間間隔で実行される。図7に示すように、このルーチンが開始されると、まずステップ100において機関始動時であるか否かが判断される。YESのときには、燃料増量が行われる機関始動時には吸入空気量を正確に算出する必要がないと判断し、このルーチンを終了する。一方、NOのときにはステップ101に進む。ステップ101では、吸気弁2のバルブリフト量 L_T 、作用角 V_A 、開閉タイミング V_T 、吸気管内の圧力 P_M 、機関回転数 N_E に基づいて充填効率基準値 K_{TPb} が算出される。

【0031】図8は充填効率基準値 K_{TPb} とバルブリフト量 L_T と吸気管内の圧力 P_M との関係を示した図である。図8に示すように、ステップ101において算出される充填効率基準値 K_{TPb} は、バルブリフト量 L_T が大きくなるに従って大きくなり、また、吸気管内の圧力 P_M が高くなるに従って大きくなる。図9は充填効率

基準値 K_{TPb} と作用角 V_A と吸気管内の圧力 P_M との関係を示した図である。図9に示すように、ステップ101において算出される充填効率基準値 K_{TPb} は、作用角 V_A が大きくなるに従って大きくなる。図10は充填効率基準値 K_{TPb} と作用角 V_A と開閉タイミング V_T との関係を示した図である。図10に示すように、ステップ101において算出される充填効率基準値 K_{TPb} は、開閉タイミング V_T が遅角されるに従って大きくなる。図11は充填効率基準値 K_{TPb} と機関回転数 N_E との関係を示した図である。図11に示すように、ステップ101において算出される充填効率基準値 K_{TPb} は、機関回転数 N_E が中速のときにピークとなる。

【0032】図7の説明に戻り、次いでステップ102では、機関回転数 N_E と、1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 G_N 、つまり、一回の吸気行程において気筒内に吸入される吸入空気量 G_N とに基づいて充填効率背圧補正係数 K_{ex} が算出される。尚、このステップ102においては、図7に示すルーチンが前回実行されたときに後述するステップ105において算出された1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 G_N の値が使用される。図12は充填効率背圧補正係数 K_{ex} と1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 G_N と機関回転数 N_E との関係を示した図である。図12に示すように、ステップ102において算出される充填効率背圧補正係数 K_{ex} は、1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 G_N が少なくなるに従って小さくなり、また、機関回転数 N_E が高くなるに従って小さくなる。

【0033】図7の説明に戻り、次いでステップ103では、気筒内に供給される吸入空気は吸気管内における温度（以下、「吸入空気温」という） T_{HA} と内燃機関冷却水の温度（以下、「冷却水温」という） T_{HW} とエアフローメータ19によって検出された吸入空気量 G_A とに基づいて充填効率機関暖機補正係数 K_{thw} が算出される。図13は筒内ガス温度と吸入空気温 T_{HA} と吸入空気量 G_A との関係を示した図である。図13に示すように、ステップ103において充填効率機関暖機補正係数 K_{thw} を算出するために使用される筒内ガス温度は、吸入空気温 T_{HA} が高くなるに従って高くなり、また、吸入空気量 G_A が多くなるに従って低くなる。図14は筒内ガス温度と冷却水温 T_{HW} と吸入空気量 G_A との関係を示した図である。図14に示すように、ステップ103において充填効率機関暖機補正係数 K_{thw} を算出するために使用される筒内ガス温度は、冷却水温 T_{HW} が高くなるに従って高くなり、また、吸入空気量 G_A が多くなるに従って低くなる。図15は充填効率機関暖機補正係数 K_{thw} と筒内ガス温度との関係を示した図である。図15に示すように、ステップ103において算出される充填効率機関暖機補正係数 K_{thw} は、筒内ガス温度が高くなるに従って小さくなる。

【0034】図7の説明に戻り、次いでステップ104

では、ステップ101において算出された充填効率基準値 $KTPb$ とステップ102において算出された充填効率背圧補正係数 Kex とステップ103において算出された充填効率機関暖機補正係数 $Kthw$ とに基づいて充填効率実効値 KTP が算出される($KTP \leftarrow KTPb \times Kex \times Kthw$)。次いでステップ105では、ステップ104において算出された充填効率実効値 KTP と吸気管内の圧力 PM とに基づいて1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 GN が算出される($GN \leftarrow KTP \times PM$)。

【0035】上述したように本実施形態では、図7のステップ101、ステップ104及びステップ105において、気筒内に吸入される吸入空気量(1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 GN)が、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によってバルブリフト量 LT が変更されるのに伴って変更せしめられる吸気弁2の開口面積に基づいて算出される。従って本実施形態によれば、上述した特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置の場合と異なり、バルブリフト量を変更することによって吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0036】更に本実施形態では、図7のステップ101、ステップ104及びステップ105において、気筒内に吸入される吸入空気量(1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 GN)が、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によってバルブリフト量 LT が変更されるのに伴って変更せしめられる吸気弁2の作用角 VA に基づいて算出される。従って本実施形態によれば、上述した特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置の場合と異なり、吸気弁2の作用角が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

$$pc = kRT_1mc/Vc - kPcvc/Vc \quad (1)$$

$$mc = Av \left\{ (k+1) P_1 \rho_1 / 2k \right\}^{1/2} \cdot$$

$$\left\{ (k/(k+1))^2 - (Pc/P_1 - 1/(k+1))^2 \right\}^{1/2} \quad (2)$$

ここで、 pc は瞬時筒内圧、 k は比熱比、 T_1 は吸気管内のガス温、 mc は瞬時に気筒内に吸入される吸入空気量、 Vc は気筒内の体積、 Pc は筒内圧、 vc は瞬時の気筒内の体積である。また、 Av は吸気弁の開口面積、 P_1 は吸気管内の圧力、 ρ_1 は密度である。

【0041】本実施形態では、気筒内に吸入される吸入空気量(瞬時に気筒内に吸入される吸入空気量 mc)が、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によってバルブリフト量 LT が変更されるのに伴って変更せしめられる吸気弁の開口面積 Av に基づいて算出される。従って本実施形態によれば、上述した特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置の場合と異なり、バルブリフト量を変更することによって吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合であ

【0037】また本実施形態では、図7のステップ101において、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によってバルブリフト量 LT が変更されるのに伴って変更せしめられる吸気弁2の開口面積、吸気弁2の作用角 VA 、開閉タイミングシフト装置11によって変更せしめられる吸気弁2の位相(開閉タイミング V T)、及び吸気管内の圧力 PM に基づいて充填効率(充填効率基準値 $KTPb$)が算出され、ステップ105において、充填効率(充填効率実効値 KTP)と吸気管内の圧力 PM とに基づいて気筒内に吸入される吸入空気量(1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 GN)が算出される。従って本実施形態によれば、吸気弁の開口面積及び吸気弁の作用角に基づくことなく算出された充填効率から吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0038】尚、本実施形態では吸気管圧センサ18の出力値に基づいて吸気管内の圧力 PM が算出されているが、本実施形態の変形例では、代わりに、エアフローメータ19により検出された吸入空気量 GA 、機関回転数 NE 等に基づいて吸気管内の圧力 PM を算出することも可能である。

【0039】以下、本発明の内燃機関の吸入空気量演算装置の第二の実施形態について説明する。本実施形態の構成は図1～図6に示した第一の実施形態の構成とほぼ同様である。上述した実施形態では、気筒内に吸入される吸入空気量が充填効率と吸気管内の圧力とに基づいて算出されているが、本実施形態では、吸気管内の圧力等と下記の式とに基づいて筒内圧が算出され、その筒内圧等と下記の式とに基づいて気筒内に吸入される吸入空気量が算出される。

【0040】

っても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0042】図16は吸気弁のバルブリフト量、吸気管内の圧力の検出時期等を示した図である。図16に示すように、本実施形態では、バルブリフト量変更装置9によって吸気弁のバルブリフト量が比較的大きい値に設定され(実線)、それに伴って吸気弁の開口面積が比較的大きい値に設定されている場合には、吸気管内の圧力は吸気弁の開閉動作が完了した時点(A1)に検出され、その時点の吸気管内の圧力に基づいて筒内圧が推定され、その筒内圧に基づいて吸入空気量が算出され、次いでその吸入空気量に基づいて燃料噴射量が決定され(A4)、燃料噴射が実行される(A5)。一方、バルブリフト量変更装置9によって吸気弁のバルブリフト量が比

較的小さい値に設定され(破線)、それに伴って吸気弁の開口面積が比較的小さい値に設定されている場合には、吸気弁の開口面積が減少せしめられるに従って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が大きくなることに鑑み、吸気管内の圧力は吸気弁の開弁動作が完了した時点(A3)よりも早い時点(A2)に検出され、その時点の吸気管内の圧力に基づいて筒内圧が推定され、その筒内圧に基づいて吸入空気量が算出され、次いでその吸入空気量に基づいて燃料噴射量が決定され(A4)、燃料噴射が実行される(A5)。

【0043】つまり本実施形態では、所定のタイミング(A1, A2)における吸気管内の圧力に基づいて筒内圧を推定する場合に、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によって吸気弁のバルブリフト量が減少せしめられるのに伴って吸気弁の開口面積が減少せしめられるほど、筒内圧を推定するのに使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが早められ(A1→A2)、吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量が算出される。従って本実施形態によれば、吸気弁の開口面積が減少せしめられるに従って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が大きくなることを考慮することなく一律に所定のタイミングで吸気管内の圧力を検出し、その吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量を算出する場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0044】同様に図16に示すように、所定のタイミング(A1, A2)における吸気管内の圧力に基づいて筒内圧を推定する場合に、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によって吸気弁の作用角が減少せしめられる(実線→破線)ほど、筒内圧を推定するのに使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが早められ(A1→A2)、吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量が算出される。従って本実施形態によれば、吸気弁の作用角が減少せしめられるに従って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が大きくなることを考慮することなく一律に所定のタイミングで吸気管内の圧力を検出し、その吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量を算出する場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0045】図17は吸気管内の圧力の検出タイミングと吸気弁の位相(開閉タイミング)と吸気管内の圧力との関係を示した図である。図17に示すように、本実施形態では、吸気弁の位相(開閉タイミング)、つまり、クランクシャフト13に対する吸気弁駆動用カムシャフト6の回転位相あるいは吸気管内の圧力が変更されると、その変更に伴って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が変化することに鑑み、吸気管内の圧力の検出タイミングは、吸気弁の位相(開閉タイミング)が遅角されるに従って早められ、また、吸気管内の圧力が

高くなるに従って早められる。

【0046】図18は吸気管内の圧力の検出タイミングと吸気弁の位相(開閉タイミング)と機関回転数との関係を示した図である。図18に示すように、本実施形態では機関回転数が増加される場合にもその増加に伴って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が変化することに鑑み、吸気管内の圧力の検出タイミングは機関回転数が高くなるに従って早められる。

【0047】すなわち本実施形態では、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されると、その変更によっても実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が変化することに鑑み、図16～図18に示したように、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されるのに応じて、筒内圧を推定するのに使用される吸気管内の圧力の検出タイミングが変更せしめられる。従って本実施形態によれば、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されると、その増加に伴って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が変化することを考慮することなく推定された筒内圧に基づいて吸入空気量を算出する場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0048】以下、本発明の内燃機関の吸入空気量演算装置の第三の実施形態について説明する。本実施形態の構成は図1～図6に示した第一の実施形態の構成とほぼ同様である。図19は本実施形態における気筒内に吸入される吸入空気量の算出方法を示したフローチャートである。このルーチンは例えば内燃機関の吸気行程毎に実行される。図19に示すように、このルーチンが開始されると、まずステップ200において機関始動時であるか否かが判断される。YESのときには、燃料増量が行われる機関始動時には吸入空気量を正確に算出する必要がないと判断し、このルーチンを終了する。一方、NOのときにはステップ201に進む。ステップ201では、背圧に基づいて吸気行程開始時点の筒内圧が算出される。具体的には、吸気行程開始時点においては吸気弁が全閉され、排気弁が開弁されているために、背圧と筒内圧が等しくなっていると推定される。図20は背圧と図19に示すルーチンが前回実行されたときに算出された1回転当たりの吸入空気量と機関回転数との関係を示した図である。図20に示すように、背圧は、前回の1回転当たりの吸入空気量が少なくなるに従って高くなり、また、機関回転数が高くなるに従って高くなる。

【0049】図19の説明に戻り、次いでステップ202では吸気管圧センサ18の出力値に基づいて吸気管内の圧力が算出される。本実施形態の変形例では、代わりにエアフローメータ19により検出された吸入空気量G_Aから吸気管内の圧力を算出することも可能である。次

いでステップ203では、ステップ201において算出された筒内圧あるいは後述するステップ208が前回実行されたときにこのステップ208において算出された筒内圧が読み込まれる。次いでステップ204ではセンサ17の出力値に基づいてピストン位置が算出され、ステップ205では同様にセンサ17の出力値に基づいてピストン速度が算出される。

【0050】次いでステップ206では、吸気弁のバルブリフト量と、機械的吸気弁開口面積、つまり、吸気弁のバルブシート部の開口面積と、流量係数と、その流量係数を補正するための流量係数補正值とに基づいて吸気弁開口面積が算出される（吸気弁開口面積←機械的吸気弁開口面積×流量係数×流量係数補正值）。図21は機械的吸気弁開口面積と流量係数との積と吸気弁のバルブリフト量との関係を示した図である。図21に示すように、機械的吸気弁開口面積と流量係数との積は吸気弁のバルブリフト量が大きくなるに従って大きくなる。図22は流量係数補正值と機関回転数と吸入空気の流量との関係を示した図である。図22に示すように、流量係数補正值は、機関回転数が高くなるに従って小さくなり、また、吸入空気の流量が多くなるに従って小さくなる。

【0051】図19の説明に戻り、次いでステップ207では、ステップ202において算出された吸気管内の圧力、つまり、吸気弁の上流側の圧力と、ステップ203において読み込まれた筒内圧、つまり、吸気弁の下流側の圧力と、ステップ204において算出されたピストン位置と、ステップ205において算出されたピストン速度と、上述した式(2)とに基づいて瞬時に気筒内に吸入される吸入空気量が算出される。次いでステップ208では、上述した式(1)に基づいて筒内圧が算出される。本実施形態では筒内圧がステップ208において上述した式(1)に基づいて算出されるが、本実施形態の変形例では、代わりに、気筒内に筒内圧センサを配置し、その出力値に基づいて筒内圧を算出することも可能である。

【0052】図19の説明に戻り、次いでステップ209では、ステップ207において算出された瞬時吸入空気量が、気筒から漏れてしまう空気量を考慮した空気漏れ補正值に基づいて補正される（瞬時吸入空気量←瞬時吸入空気量×空気漏れ補正值）。図23は空気漏れ補正值と機関回転数と吸入空気の流量の関係を示した図である。図23に示すように、空気漏れ補正值は、機関回転数が高くなるに従って大きくなり、また、吸入空気の流量が多くなるに従って小さくなる。

【0053】図19の説明に戻り、次いでステップ210では、ステップ209において補正された瞬時吸入空気量が積算される。次いでステップ211では、吸気行程が終了したか否かが判断される。YESのときには、このルーチンを終了し、ステップ210において積算された吸入空気量の値が、今回の吸気行程において気筒内

に吸入される吸入空気量の値となる。一方、NOのときにはステップ202に戻り、上述したステップを繰り返す。

【0054】上述したように本実施形態では、気筒内に吸入される吸入空気量（瞬時に気筒内に吸入される吸入空気量）が、ステップ207において上述した式(2)とに基づいて算出される。つまり、気筒内に吸入される吸入空気量（瞬時に気筒内に吸入される吸入空気量）は、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によってバルブリフト量LTが変更されるのに伴って変更せしめられる吸気弁の開口面積AVに基づいて算出される。従って本実施形態によれば、上述した特開平7-301144号公報に記載された内燃機関の吸入空気量演算装置の場合と異なり、バルブリフト量を変更することによって吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0055】また本実施形態では、ステップ207において、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によってバルブリフト量LTが変更されるのに伴って変更せしめられる吸気弁の開口面積AVに加え、吸気管内の圧力及び筒内圧にも基づいて吸入空気量（瞬時に気筒内に吸入される吸入空気量）が算出される。従って本実施形態によれば、吸気管内の圧力及び筒内圧を考慮することなく吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0056】更に本実施形態では、単位時間当たりに気筒内に吸入される吸入空気量が変化していることに鑑み、可変動弁機構としてのバルブリフト量変更装置9によって変更せしめられる吸気弁の開口面積が、吸気弁開弁期間中に所定時間間隔で算出される。つまり、ステップ202からステップ210が繰り返し実行され、ステップ206が実行される毎に吸気弁の開口面積が算出される。次いでステップ207において、その所定時間間隔毎の吸気弁の開口面積に基づいて吸入空気量が算出される。従って本実施形態によれば、単位時間当たりに気筒内に吸入される吸入空気量が変化していることを考慮することなく吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0057】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、例えば可変動弁機構にバルブリフト量を変更する機能が設けられ、バルブリフト量を変更することによって吸気弁の開口面積が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0058】請求項2に記載の発明によれば、例えば可変動弁機構に吸気弁の作用角を変更する機能が設けられ、可変動弁機構によって吸気弁の作用角が変更せしめられる場合であっても、気筒内に吸入される吸入空気量

を正確に算出することができる。

【0059】請求項3に記載の発明によれば、吸気弁の開口面積及び吸気弁の作用角に基づくことなく算出された充填効率から吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0060】請求項4に記載の発明によれば、吸気弁の開口面積が減少せしめられるに従って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が大きくなることを考慮することなく一律に所定のタイミングで吸気管内の圧力を検出し、その吸気管内の圧力から推定された筒内圧に基づいて吸入空気量を算出する場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0061】請求項5に記載の発明によれば、吸気弁の作用角、吸気弁の位相、吸気管内の圧力及び機関回転数のうちの少なくとも一つが変更されると、その変更に伴って実際の吸気管内の圧力と実際の筒内圧との差分が変化することを考慮することなく推定された筒内圧に基づいて吸入空気量を算出する場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0062】請求項6に記載の発明によれば、吸気管内の圧力及び筒内圧を考慮することなく吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【0063】請求項7に記載の発明によれば、単位時間当たり気筒内に吸入される吸入空気量が変化していることを考慮することなく吸入空気量が算出される場合に比べ、気筒内に吸入される吸入空気量を正確に算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の内燃機関の吸入空気量演算装置の第一の実施形態の概略構成図である。

【図2】図1に示した吸気弁用カム及びカムシャフトの詳細図である。

【図3】図1に示したバルブリフト量変更装置等の詳細図である。

【図4】バルブリフト量変更装置が作動されるのに伴って吸気弁のバルブリフト量が増加する様子を示した図である。

【図5】図1に示した開閉タイミングシフト装置等の詳細図である。

【図6】開閉タイミングシフト装置が作動されるのに伴って吸気弁の開閉タイミングがシフトする様子を示した図である。

【図7】第一の実施形態における気筒内に吸入される吸入空気量の算出方法を示したフローチャートである。

【図8】充填効率基準値 $KTPb$ とバルブリフト量 L_T と吸気管内の圧力 PM との関係を示した図である。

【図9】充填効率基準値 $KTPb$ と作用角 VA と吸気管内の圧力 PM との関係を示した図である。

【図10】充填効率基準値 $KTPb$ と作用角 VA と開閉タイミング VT との関係を示した図である。

【図11】充填効率基準値 $KTPb$ と機関回転数 NE との関係を示した図である。

【図12】充填効率基準値 $KTPb$ と1回転当たり気筒内に吸入される吸入空気量 GN と機関回転数 NE との関係を示した図である。

【図13】筒内ガス温度と吸入空気温度 THA と吸入空気量 GA との関係を示した図である。

【図14】筒内ガス温度と冷却水温 THW と吸入空気量 GA との関係を示した図である。

【図15】充填効率機関暖機補正係数 $Kthw$ と筒内ガス温度との関係を示した図である。

【図16】吸気弁のバルブリフト量、吸気管内の圧力の検出時期等を示した図である。

【図17】吸気管内の圧力の検出タイミングと吸気弁の位相（開閉タイミング）と吸気管内の圧力との関係を示した図である。

【図18】吸気管内の圧力の検出タイミングと吸気弁の位相（開閉タイミング）と機関回転数との関係を示した図である。

【図19】第三の実施形態における気筒内に吸入される吸入空気量の算出方法を示したフローチャートである。

【図20】背圧と図19に示すルーチンが前回実行されたときに算出された1回転当たりの吸入空気量と機関回転数との関係を示した図である。

【図21】機械的吸気弁開口面積と流量係数との積と吸気弁のバルブリフト量との関係を示した図である。

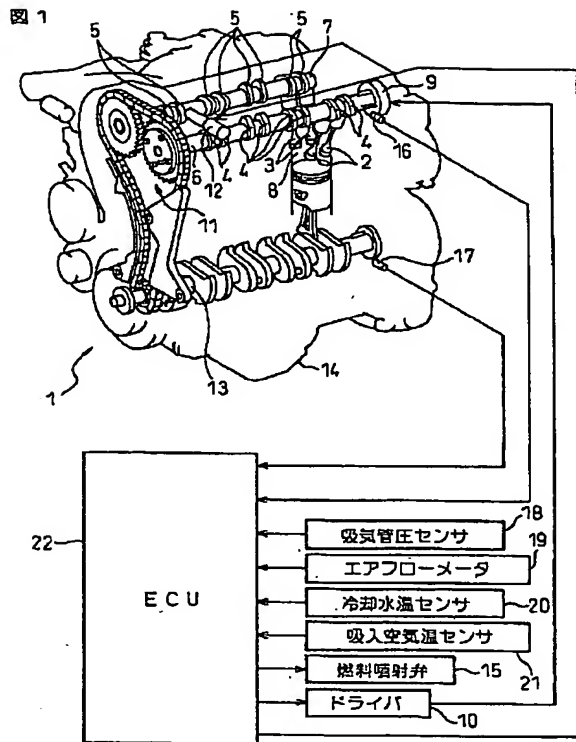
【図22】流量係数補正值と機関回転数と吸入空気の流れとの関係を示した図である。

【図23】空気漏れ補正值と機関回転数と吸入空気の流れとの関係を示した図である。

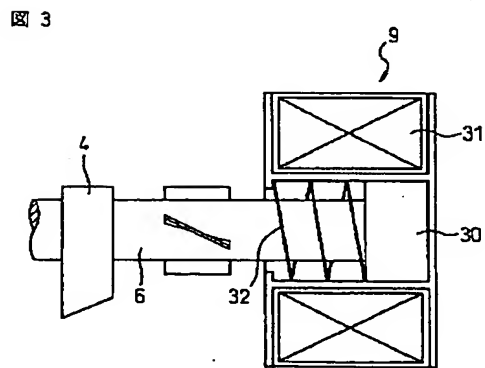
【符号の説明】

- 1…内燃機関
- 2…吸気弁
- 4…カム
- 6…カムシャフト
- 8…気筒内の燃焼室
- 9…バルブリフト量変更装置
- 11…開閉タイミングシフト装置
- 18…吸気管圧センサ
- 19…エアフローメータ

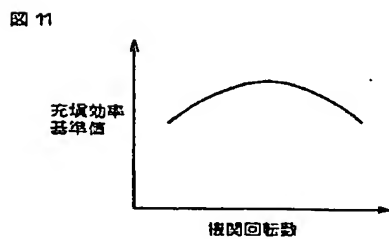
【図 1】



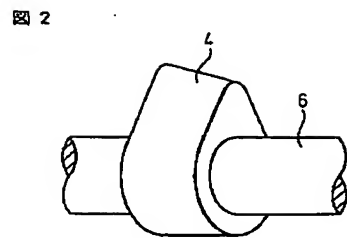
【図 3】



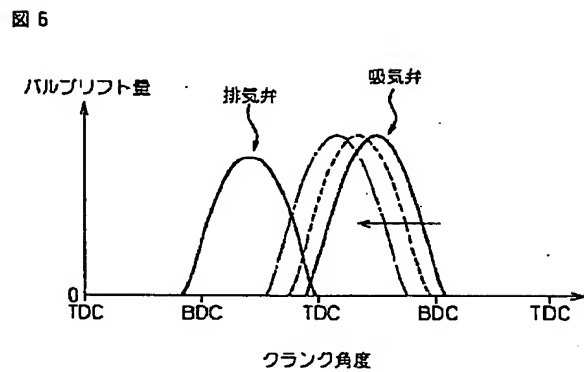
【図 11】



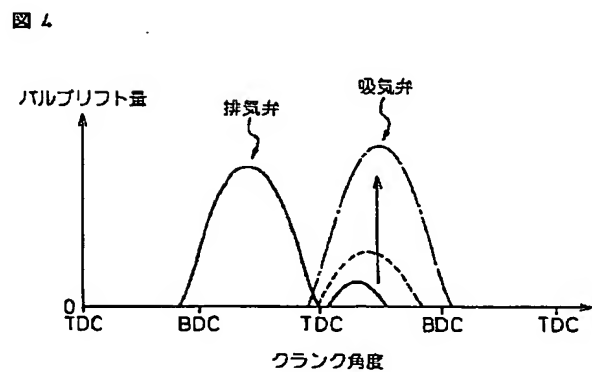
【図 2】



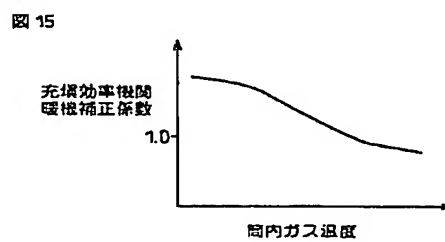
【図 6】



【図 4】

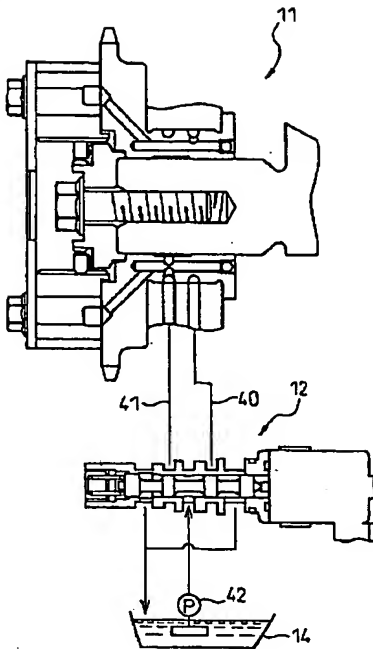


【図 15】



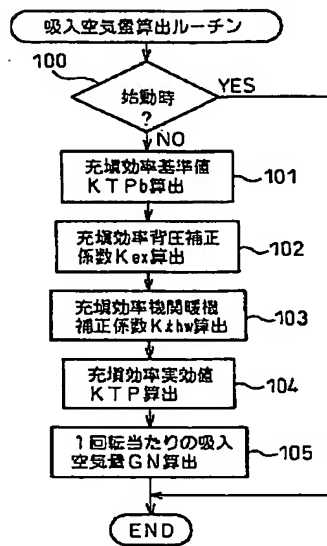
【図5】

図5



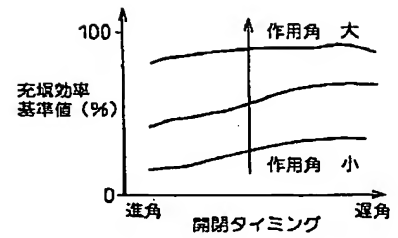
【図7】

図7



【図10】

図10



【図8】

図8

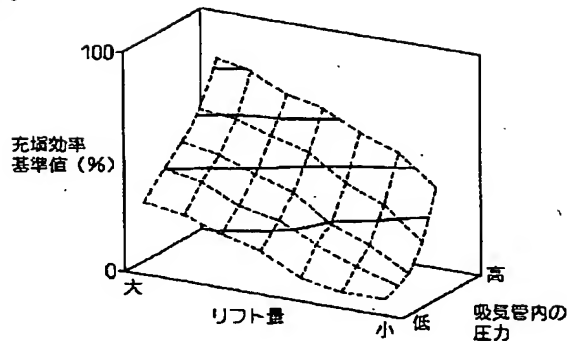
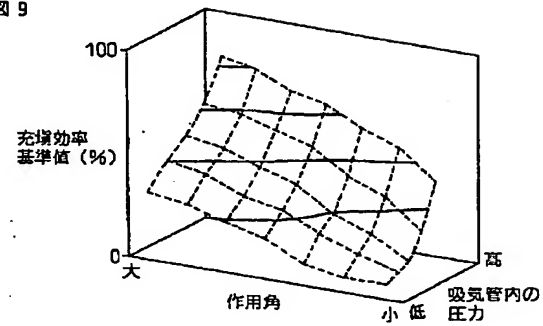
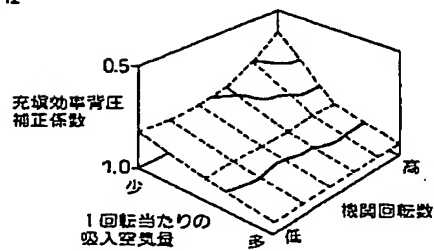


図9



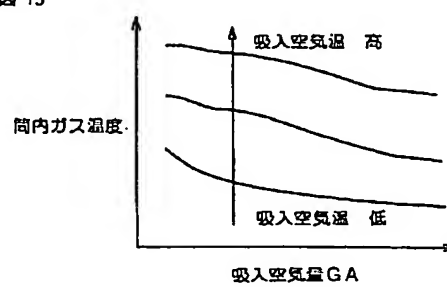
【図12】

図12



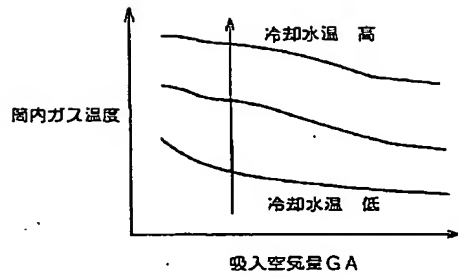
【図13】

図13



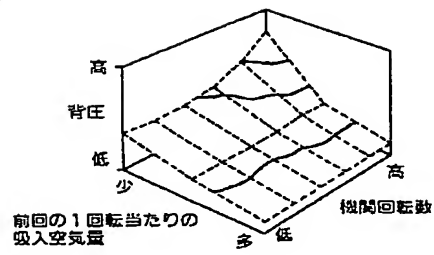
【図14】

図14



【図20】

図20



【図16】

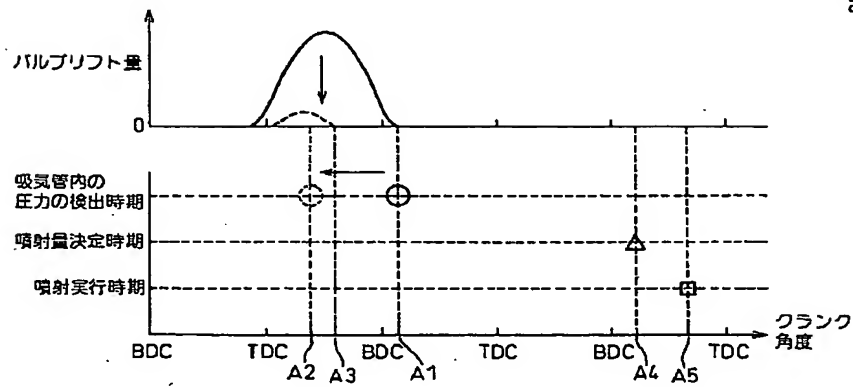
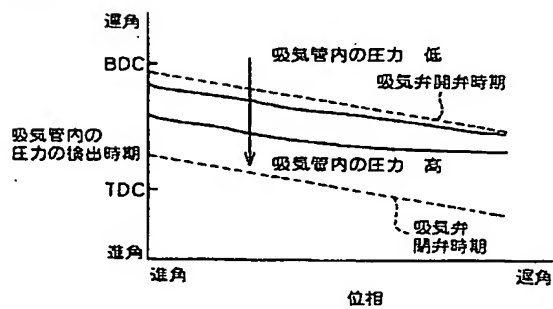


図16

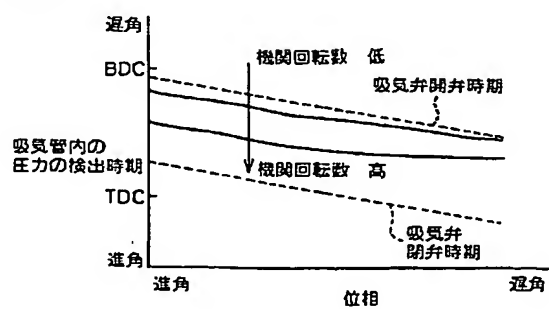
【図17】

図17



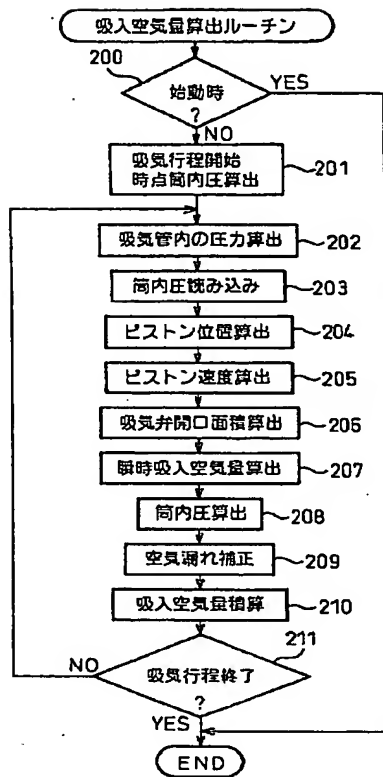
【図18】

図18



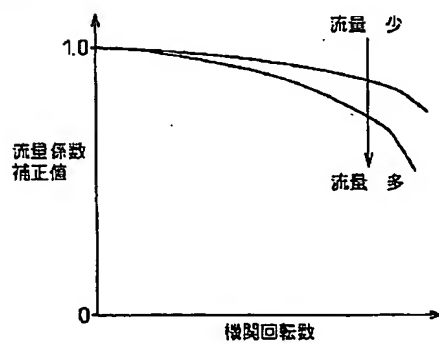
【図19】

図 19



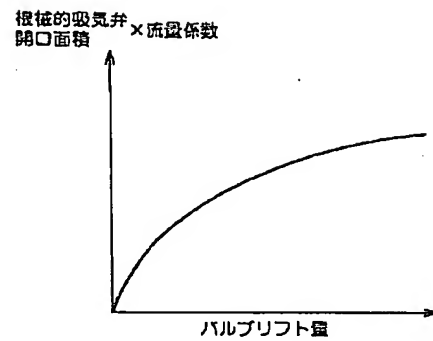
【図22】

図 22



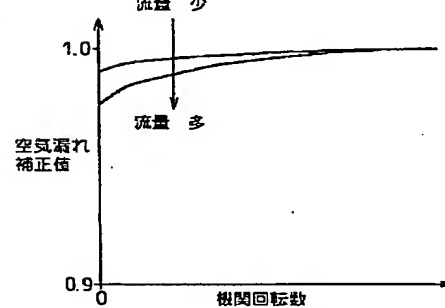
【図21】

図 21



【図23】

図 23



フロントページの続き

(72) 発明者 小西 正晃
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 長内 昭憲
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 渡辺 智
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 江原 雅人
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G018 AB07 AB17 BA04 BA10 CA12
CA19 EA02 EA16 EA17 EA21
EA31 EA32 FA01 FA06 FA07
GA08
3G084 BA04 DA04 DA12 EA08 EA11
EB11 FA02 FA07 FA11 FA20
FA33 FA36 FA38
3G092 AA11 AA13 BB01 DA04 DA09
DG05 DG09 EA01 EA02 EA11
EB06 EC01 FA06 FB02 FB04
HA01Z HA04Z HA05Z HA13Z
HB01Z HC07Z HE01Z HE03Z
HE08Z